



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11149097 A**(43) Date of publication of application: **02 . 06 . 99**

(51) Int. Cl. **G02F 1/31**  
**H04B 10/17**  
**H04B 10/16**  
**H04B 10/02**

(21) Application number: **10242412**(22) Date of filing: **28 . 08 . 98**(30) Priority: **29 . 08 . 97 US 97 920390**(71) Applicant: **LUCENT TECHNOL INC**(72) Inventor: **FATEHI MOHAMMAD T**

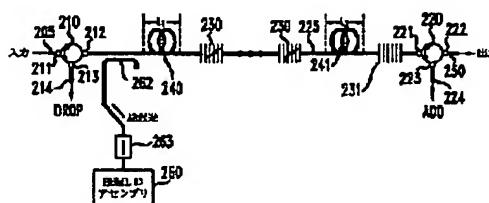
(54) **SYSTEM PERFORMING ADDITION/REMOVAL  
 OPTICALLY WITH FREELY EXPANDABLE  
 WAVELENGTH SELECTIVITY AND WITHOUT  
 LOSS**

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To realize a wavelength selective adding/removing function without a loss by providing an integrated amplifier, a wavelength selecting fiber path and a passive optical coupler in order to selectively add or remove a wavelength signal to or from multiple wavelength signals.

**SOLUTION:** This system mounts a fiber amplifier (EDFA) consisting of at least two segments of fibers (EDF) which are doped with erbium and which is doped with erbium, at least one of a wavelength selecting element 230 and an exciting part provided with a coupler 262 and an optical excitation separator 263. Then, proper amplifying operations are performed in order to compensate specific losses in paths of an addition, a removal and a passage. Moreover, a freely expandable constitution supporting the additional service of a addition/removal without interrupting the content of a present service is realized by integrating an amplifying function and a wavelength selective adding/removing function.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-149097

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月2日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 2 F 1/31

G 0 2 F 1/31

H 0 4 B 10/17

H 0 4 B 9/00

J

10/16

T

10/02

審査請求 未請求 請求項の数29 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-242412

(22) 出願日 平成10年(1998) 8月28日

(31) 優先権主張番号 08/920390

(32) 優先日 1997年8月29日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 596092698

ルーセント テクノロジーズ インコーポ  
レーテッド

アメリカ合衆国. 07974-0636 ニュージ  
ャーシー, マレイ ヒル, マウンテン ア  
ヴェニュー 600

(72) 発明者 モハメッド タグヒ ファテヒ

アメリカ合衆国 07748 ニュージャーク  
イ, ミドルタウン, シルヴィア テラス  
5

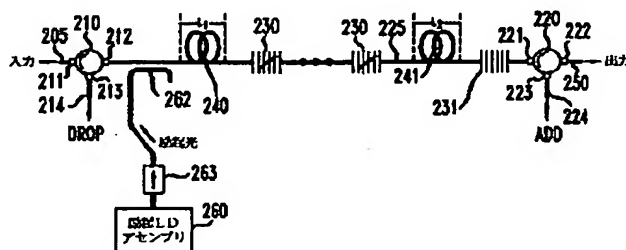
(74) 代理人 弁理士 岡部 正夫 (外11名)

(54) 【発明の名称】 拡張自在な波長選択性で無損失で光学的に追加／除去するシステム

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、拡張自在で波長選択性で無損失で光学的に追加／除去するシステムを提供する。

【解決手段】 本発明に準じる拡張自在で光学的に追加／除去するシステムは、波長分割多重化光信号のような、多重波長信号に波長を選択的に追加したり、そこから除去するために、一体型増幅器と波長選択ファイバ通路と受動性の光結合器とを備えている。1つ又は複数のファイバ格子が、希土類でドーピング処理した光ファイバの長さ方向に沿って、又は希土類でドーピング処理した光ファイバのセグメント間に設けてあるので、少なくとも1つの格子が、多重波長光信号に追加又はそこから除去される各々光信号を反射するために用いられている。この構成を用いることにより、適切な増幅作用が、今と将来の追加／除去サービスに対して追加と除去と通過の通路における特定の損失を補償するために実施できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 拡張自在で光学的に追加／除去するシステムであって、

入力ポートと出力ポートとを有する光学的に追加／除去するマルチプレクサ要素において、前記の入力ポートは異なる波長の個々の光信号を有する多重波長光信号を受信し、前記のマルチプレクサ要素は、前記の多重波長光信号から除去された前記の個々の光信号の少なくとも1つを搬送する除去通路と、前記の多重波長光信号に追加される特定の波長の少なくとも1つの光信号を搬送する追加通路と、前記の入力ポートと前記の出力ポートとの間に結合された通過通路とを更に含んでいて、前記の追加と除去の通路は各々互いに且つ前記の通過通路と共通する部分を備えている、前記の光学的に追加／除去するマルチプレクサ要素と、

前記の多重波長光信号から除去される前記の少なくとも1つの個々の光信号を受信するとともに、複数の出力ポートを介して前記の少なくとも1つの個々の光信号を送るために、前記の除去通路に結合された受動性の光信号分割器と、

前記の複数の出力ポートの1つに結合された調整自在の光フィルタにおいて、特定の波長の1つの個々の光信号だけ選択的に通すように動作できる前記の調整自在の光フィルタとを搭載し、

前記の共通する部分は、拡張自在の追加／除去システムで用いるために集中的な増幅機能をもつ波長選択装置を搭載しており、前記の装置は、

前記の入力ポートと前記の出力ポートとの間で波長選択通路に設けた少なくとも1つの波長選択要素と、

前記の波長選択通路と一体化した光学的に増幅する希土類でドーピング処理したファイバ部において、

前記の入力ポートと前記の少なくとも1つの波長選択要素との間に結合された第1のセグメントと、

前記の少なくとも1つの波長選択要素と前記の出力ポートとの間に結合された第2のセグメントとを搭載する、

前記の光学的に増幅する希土類でドーピング処理したファイバ部と、

前記の光学的に増幅する希土類でドーピング処理したファイバ部に結合されていて、それを励起するように動作できる、励起光源とを搭載しており、

前記の少なくとも1つの波長選択要素は、前記の第1のセグメントを介して前記の除去通路を横断して前記の多重波長光信号から除去される前記の少なくとも1つの個々の光信号を選択的に反射するように適応されていて、他の前記の複数の出力ポートは、サービス内容更新の部分として前記の多重波長光信号から除去された他に反射された個々の光信号を選択的に通すために、ツリー構造で、更なる受動性の光信号分割器と調整自在の光フィルタとを受けるように適応されている、前記の拡張自在で光学的に追加／除去するシステム。

【請求項2】 前記の多重波長光信号に追加される特定の波長の前記の個々の光信号を伝送する光伝送器と、複数の入力ポートを有する受動性の光信号組合せ器において、前記の複数の入力ポートの1つは追加される前記の個々の光信号を受信する前記の光伝送器に結合されていて、前記の多重波長光信号に追加される前記の個々の光信号を送るために前記の追加通路に結合された出力ポートを更に搭載している、前記の受動性の光信号組合せ器とを更に搭載していて、

10 前記の少なくとも1つの波長選択要素は、前記の多重波長光信号に追加される前記の個々の光信号を選択的に反射するように適応されていて、

他の前記の複数の入力ポートは、サービス内容更新の部分として前記の多重波長光信号に他の個々の光信号を追加するために、ツリー構成で、更なる受動性の光組合せ器と光伝送器とを受けるように適応されている、請求項1に記載のシステム。

20 【請求項3】 前記の第1のセグメントの長さは前記の多重波長光信号から除去された前記の個々の光信号に光学的増幅利得を呈するように選択され、

前記の第2のセグメントの長さは、前記の多重波長光信号に追加された前記の個々の光信号に光学的増幅利得を呈するように選択され、反射しなかった光信号のための光学的増幅利得は前記の第1と第2のセグメントの組み合わせされた長さから決定され、

30 光学的に追加／除去するシステムは、前記の第1と第2のセグメントの長さを変更するとともに、前記の励起光源のパワーを選択的に制御することによって、前記の追加され除去された光信号に損失補償を呈するように選択的に構成できる、請求項2に記載のシステム。

【請求項4】 少なくとも1つの波長選択要素は、前記の多重波長光信号からの異なる波長の前記の個々の光信号の任意の1つを反射するように選択的に調整できる、請求項2に記載のシステム。

【請求項5】 前記の希土類でドーピング処理した光ファイバがエルビウムでドーピング処理した光ファイバを備えている、請求項1に記載のシステム。

40 【請求項6】 前記の少なくとも1つの波長選択要素がファイバ・ブラッグ格子である、請求項1に記載のシステム

【請求項7】 前記の受動性の光信号分割器が1×Nの光結合器を搭載している、請求項1に記載のシステム。

【請求項8】 前記の調整自在の光フィルタがファイバフアブリーペロットフィルタを搭載している、請求項1に記載のシステム。

【請求項9】 前記の受動性の光信号組合せ器がN×1光結合器を搭載する、請求項2に記載のシステム。

50 【請求項10】 前記の励起光源が、同一方向に伝送する励起構成と、逆方向に伝送する励起構成と、混成の両方向の励起構成とから成るグループから選択された励起

構造で、前記の光学的に増幅する希土類でドーピング処理したファイバ部に結合されている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 1 1】 前記の光学的に増幅する希土類でドーピング処理したファイバ部によって与えられる前記の光学的増幅利得は、中断のない状態で、サービス内容更新中に、前記の受動性の光信号分割器と前記の受動性の光信号組合せ器と前記の調整自在の光フィルタと前記の光伝送器との追加に付随する、損失を補償するように選択的に調整できる、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 1 2】 拡張自在で光学的に追加／除去するシステムであって、

入力ポートと出力ポートとを有する光学的に追加／除去するマルチプレクサ要素において、前記の入力ポートは異なる波長の個々の光学的チャンネルを有する波長分割多重化（WDM）光信号を受信し、前記のマルチプレクサ要素は、前記のWDM光信号から除去された前記の個々の光学的チャンネルの少なくとも 1 つを搬送する除去通路と、前記のWDM光信号に追加される特定の波長の少なくとも 1 つの光学的チャンネルを搬送する追加通路と、前記の入力ポートと前記の出力ポートとの間に結合された通過通路とを更に含んでいて、前記の追加と除去の通路は各々互いに且つ前記の通過通路と共通する部分を備えている、前記の光学的に追加／除去するマルチプレクサ要素と、

前記のWDM光信号から除去される前記の少なくとも 1 つの個々の光学的チャンネルを受けるとともに、複数の出力ポートを介して前記の少なくとも 1 つの個々の光学的チャンネルを送るために、前記の除去通路に結合された受動性の光信号分割器と、

前記の複数の出力ポートの 1 つに結合された調整自在の光フィルタにおいて、特定の波長の 1 つの個々の光学的チャンネルだけ選択的に通すように動作できる前記の調整自在の光フィルタとを搭載し、

前記の共通する部分は、拡張自在の追加／除去システムで用いるために集中的な増幅機能をもつ波長選択装置を搭載しており、前記の装置は、

前記の入力ポートと前記の出力ポートとの間で波長選択通路に設けた少なくとも 1 つの波長選択要素と、

前記のWDM光信号を光学的に増幅するために、前記の入力と出力とのポートの間で前記の波長選択通路に沿って一体化された希土類でドーピング処理したファイバ部と、

前記の希土類でドーピング処理した光ファイバ部に結合されていて、それを励起するように動作できる、励起光源とを搭載しており、

前記の少なくとも 1 つの波長選択要素は、前記の第 1 のセグメントを介して前記の除去通路を横断して前記のWDM光信号から除去される前記の少なくとも 1 つの個々の光学的チャンネルを選択的に反射するように適応され

ていて、

他の前記の複数の出力ポートは、サービス内容の更新の部分として前記のWDM光信号から除去された他に反射された個々の光学的チャンネルを選択的に通すために、ツリー構造で、更なる受動性の光信号分割器と調整自在の光フィルタとを受けるように適応されている、前記の拡張自在で光学的に追加／除去するシステム。

【請求項 1 3】 前記のWDM光信号に追加される特定の波長の個々の光学的チャンネルを伝送する光伝送器と、  
10 複数の入力ポートを有する受動性の光信号組合せ器において、前記の複数の入力ポートの 1 つは追加される前記の個々の光学的チャンネルを受ける前記の光伝送器に結合されていて、追加される前記の個々の光学的チャンネルを送るために前記の第 2 の光サーキュレータの追加ポートに結合された出力ポートを更に搭載している、前記の受動性の光信号組合せ器とを更に搭載して、  
前記の少なくとも 1 つの波長選択ファイバ格子は、前記のWDM光信号に追加される前記の個々の光学的チャンネルを選択的に反射するように適応されていて、  
20 他の前記の複数の入力ポートは、サービス内容更新の部分として前記のWDM光信号に他の個々の光学的チャンネルを追加するために、ツリー構成で、更なる受動性の光組合せ器と光伝送器とを受けるように適応されている、請求項 1 2 に記載のシステム。

【請求項 1 4】 前記の希土類でドーピング処理した光ファイバ部が、第 1 のセグメントと、  
前記の第 1 のセグメントに連なる第 2 のセグメントとを搭載し、

前記の第 1 のセグメントの長さは、前記のWDM光信号から除去された前記の個々の光学的チャンネルに光学的増幅利得を呈するように選択され、前記の第 2 のセグメントの長さは、前記のWDM光信号に追加された前記の個々の光学的チャンネルに光学的増幅利得を呈するように選択され、反射されなかった光学的チャンネルの光学的増幅利得は前記の第 1 と第 2 のセグメントの組み合わせされた長さによって決定され、

光学的に追加／除去するシステムは、前記の第 1 と第 2 のセグメントの長さを変更するとともに、前記の励起光源のパワーを選択的に制御することによって、前記の追加され除去された光学的チャンネルに対して損失補償を呈するように選択的に構成できる、請求項 1 3 に記載のシステム。

【請求項 1 5】 拡張自在で光学的に追加／除去するシステムであって、

第 1 と第 2 の指向性光伝送器を有する光学的に追加／除去するマルチプレクサ要素において、前記の第 1 の指向性光伝送器は異なる波長の個々の光信号を有する多重波長光信号を受信するように結合されている、前記の光学的に追加／除去するマルチプレクサ要素と、

50 前記の多重波長光信号から除去される少なくとも 1 つの

個々の光信号を受信するとともに、複数の出力ポートを介して前記の少なくとも1つの個々の光信号を送るために、前記の第1の指向性光伝送器の除去ポートに結合された受動性の光信号分割器と、

前記の複数の出力ポートの1つに結合された調整自在の光フィルタにおいて、特定の波長の1つの個々の光信号だけ選択的に通すように動作できる、前記の調整自在の光フィルタと、

拡張自在で光学的に追加/除去するシステムで用いるために集中的な増幅機能をもつ波長選択装置において、

前記の第1と第2の指向性光伝送器の間で波長選択通路に設けた少なくとも1つの波長選択要素と、

前記の波長選択通路と一体化した光学的に増幅する希土類でドーピング処理したファイバ部において、

前記の第1の指向性光伝送器と前記の少なくとも1つの波長選択要素との間に結合された第1のセグメントと、

前記の少なくとも1つの波長選択要素と前記の第2の指向性光伝送器との間に結合された第2のセグメントとを搭載する、前記の光学的に増幅する希土類でドーピング処理したファイバ部と、

前記の希土類でドーピング処理したファイバ部に結合されていて、それを励起するように動作できる、励起光源とを搭載する、前記の波長選択装置とを搭載しており、前記の少なくとも1つの波長選択要素は、前記の除去ポートを介して前記の多重波長光信号から除去される前記の少なくとも1つの個々の光信号を選択的に反射するように適応されていて、

他の前記の複数の出力ポートは、サービス内容更新の部分として前記の多重波長光信号から除去された他に反射された個々の光信号を選択的に通すために、ツリー構造で、更なる受動性の光信号分割器と調整自在の光フィルタとを受けるように適応されている、前記の拡張自在で光学的に追加/除去するシステム。

【請求項16】 前記の多重波長光信号に追加される特定の波長の個々の光信号を伝送する光伝送器と、複数の入力ポートを有する受動性の光信号組合せ器において、前記の複数の入力ポートの1つは追加される前記の個々の光信号を受信する前記の光伝送器に結合されていて、追加される前記の個々の光信号を送るために前記の第2の指向性光伝送器の追加ポートに結合された出力ポートを更に搭載している、前記の受動性の光信号組合せ器とを更に搭載していて、

前記の少なくとも1つの波長選択ファイバ格子は、前記の多重波長光信号に追加される前記の個々の光信号を選択的に反射するように適応されていて、

他の前記の複数の入力ポートは、サービス内容更新の部分として前記の多重波長光信号に他の個々の光信号を追加するために、ツリー構成において、更なる受動性の光組合せ器と光伝送器とを受けるように適応されている、請求項15に記載のシステム。

【請求項17】 前記の第1のセグメントの長さは前記の多重波長光信号から除去された前記の個々の光信号に光学的増幅利得を呈するように選択され、

前記の第2のセグメントの長さは、前記の多重波長光信号に追加された前記の個々の光信号に光学的増幅利得を呈するように選択され、反射しなかった光信号のための光学的増幅利得は前記の第1と第2のセグメントの組み合わせられた長さから決定され、

前記の光学的に追加/除去するシステムは、前記の第1と第2のセグメントの長さを変更するとともに、前記の励起光源のパワーを選択的に制御することによって、前記の追加され除去された光信号に損失補償を呈するように選択的に構成できる、請求項16に記載のシステム。

【請求項18】 前記の少なくとも1つの波長選択要素は、前記の多重波長光信号からの異なる波長の前記の個々の光信号の任意の1つを反射するように選択的に調整できる、請求項16に記載のシステム。

【請求項19】 前記の第1と第2の指向性光伝送器は、各々、第1と第2の光サーキュレータを搭載している、請求項16に記載のシステム。

【請求項20】 前記の希土類でドーピング処理した光ファイバがエルビウムでドーピング処理した光ファイバを備えている、請求項15に記載のシステム。

【請求項21】 前記の少なくとも1つの波長選択要素がファイバ・ブラッグ格子である、請求項15に記載のシステム

【請求項22】 前記の受動性の光信号分割器が $1 \times N$ の光結合器を搭載している、請求項15に記載のシステム。

【請求項23】 前記の調整自在の光フィルタがファイバファブリーペロットフィルタを搭載している、請求項15に記載のシステム。

【請求項24】 前記の受動性の光信号組合せ器が $N \times 1$ 光結合器を搭載する、請求項16に記載のシステム。

【請求項25】 前記の励起光源が、同一方向に伝送する励起構成と、逆方向に伝送する励起構成と、混成の両方向の励起構成とから成るグループから選択された励起構成で、前記の希土類でドーピング処理したファイバ部に結合されている、請求項15に記載のシステム。

【請求項26】 前記の光学的に増幅する希土類でドーピング処理したファイバ部によって与えられる前記の光学的増幅利得は、中断のない状態で、サービス内容更新中に、前記の受動性の光信号分割器と前記の受動性の光信号組合せ器と前記の調整自在の光フィルタと前記の光伝送器との追加に付随する、損失を補償するように選択的に調整できる、請求項17に記載のシステム。

【請求項27】 拡張自在で光学的に追加/除去するシステムであって、

第1と第2の光サーキュレータを有する光学的に追加/除去するマルチプレクサ要素において、前記の第1の光

サーキュレータが異なる波長の個々の光学的チャンネルを有する波長分割多重化（WDM）光信号を受信するように結合されている、前記の光学的に追加／除去するマルチプレクサと、

前記のWDM光信号から除去される少なくとも1つの個々の光学的チャンネルを受けるとともに、複数の出力ポートを介して前記の少なくとも1つの個々の光学的チャンネルを送るために、前記の第1の光サーキュレータの除去通路に結合された受動性の光信号分割器と、

前記の複数の出力ポートの1つに結合された調整自在の光フィルタにおいて、特定の波長の1つの個々の光学的チャンネルだけ選択的に通すように動作できる前記の調整自在の光フィルタと、

拡張自在の追加／除去システムで用いるために集中的な増幅機能をもつ波長選択装置において、

前記の第1と第2の光サーキュレータの間で波長選択通路に設けた少なくとも1つの波長選択要素と、

前記のWDM光信号を光学的に増幅するために、前記の波長選択通路に沿って一体化された希土類でドーピング処理した光ファイバと、

前記の希土類でドーピング処理した光ファイバに結合されていて、それを励起するように動作できる、励起光源とを搭載する前記の波長選択装置とを搭載しており、

前記の少なくとも1つの波長選択要素は、前記の第1の光サーキュレータを介して前記のWDM光信号から除去される前記の少なくとも1つの個々の光学的チャンネルを選択的に反射するように適応されていて、

他の前記の複数の出力ポートは、サービス内容の更新の部分として前記のWDM光信号から除去された他に反射された個々の光学的チャンネルを選択的に通すために、ツリー構造において、更なる受動性の光信号分割器と調整自在の光フィルタとを受けるとして適応されている、前記の拡張自在で光学的に追加／除去するシステム。

【請求項28】前記のWDM光信号に追加される特定の波長の個々の光学的チャンネルを伝送する光伝送器と、複数の入力ポートを有する受動性の光信号組合せ器において、前記の複数の入力ポートの1つは追加される前記の個々の光学的チャンネルを受け前記の光伝送器に結合されていて、追加される前記の個々の光学的チャンネルを送るために前記の第2の光サーキュレータの追加ポートに結合された出力ポートを更に搭載している、前記の受動性の光信号組合せ器とを更に搭載していて、前記の少なくとも1つの波長選択ファイバ格子は、前記のWDM光信号に追加される前記の個々の光学的チャンネルを選択的に反射するように適応されていて、他の前記の複数の入力ポートは、サービス内容更新の部分として前記のWDM光信号に他の個々の光学的チャンネルを追加するために、ツリー構成で、更なる受動性の光組合せ器と光伝送器とを受けるとして適応されている、請求項27に記載のシステム。

【請求項29】 前記の希土類でドーピング処理した光ファイバが、

第1のセグメントと、

前記の第1のセグメントに連なる第2のセグメントとを搭載し、

前記の第1のセグメントの長さは、前記のWDM光信号から除去された前記の個々の光学的チャンネルに光学的増幅利得を呈するように選択され、前記の第2のセグメントの長さは、前記のWDM光信号に追加された前記の個々の光学的チャンネルに光学的増幅利得を呈するように選択され、反射されなかった光学的チャンネルの光学的増幅利得は前記の第1と第2のセグメントの組み合わせられた長さによって決定され、

前記の光学的に追加／除去するシステムは、前記の第1と第2のセグメントの長さを変更するとともに、前記の励起光源のパワーを選択的に制御することによって、前記の追加され除去された光学的チャンネルに対して損失補償を呈するように選択的に構成できる、請求項28に記載のシステム。

20 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、全体的に光波通信ネットワークのための光学的要素に、特に、拡張する追加／除去機能が要求される光学的ネットワークにおいて、多重波長光信号から異なる波長の個々の光信号を除去する又は挿入するために用いる、追加／除去システムに関する。

【0002】

30 【従来技術】波長分割多重方式（WDM）は、高い伝送容量を呈するために光波通信システムで広く用いられている。当業者には周知のように、WDMベース・システムにおいて光学的に追加／除去する機能を加えると、WDM伝送通路の中間ノードで個々のチャンネルを除去したり追加するための柔軟性が上昇する。これは、光波通信システムにおける光伝送の管理を更に改善することになる。

【0003】

40 【発明が解決しようとする課題】概して、殆どの従来技術の光学的に追加／除去するマルチプレクサ（ADM）は、追加／除去機能に必要な波長の選択性を呈するために、固定の又は調整自在のファイバ格子を用いている。これらの従来技術のADMは、固定の又は調整自在のタイプにかかわらず、波長の追加や除去や“通過”に起因する通路損失、高い製造コスト、種々の設計上の制限とを含めて、多くの欠点に悩まされている。ある従来技術のADMでは、“集中型”増幅器と広く呼ばれる“完全”光増幅器と共に、光サーキュレータとファイバ格子とを用いて、損失の補償を試みている。このタイプのADMでは、普通、ファイバ格子が第1と第2の光サーキュレータ間に設けてあり、“集中型”増幅器が第1のサ

一キュレータの入力側に設けてある。入力側の集中型増幅器は、除去せずにADMを通過する光信号だけでなく、第1のサーキュレータを介して除去される光信号に利得を呈することができる。しかし、第2のサーキュレータを介して追加される光信号は、集中型増幅器を通過しない。そこで、このタイプのADMは、ADMの追加通路で光信号が受ける挿入損失を十分に補償しない。同様に、第2のサーキュレータの出力側に設けた集中型増幅器は、除去通路の挿入損失を十分に補償できない。なぜならば、ファイバ格子で反射されるとともに第1のサーキュレータで除去される光信号は、第2のサーキュレータの出力側で集中型増幅器を通過しないからである。要するに、集中型増幅器の方式はADMに適した増幅構造を提供しない。そのうえ、集中型増幅器をADM内の種々の出力通路に更に設けても、システムがコスト高になり複雑になるだけである。

【0004】これらの欠点は、更なるチャンネルを将来のサービス内容更新の一部として追加又は除去する場合に益々紛らわしいものになる。特に、通常の光波通信システムの追加／除去デバイスは、追加／除去のために所定数のチャンネルを受け入れるように設計されている。なぜならば、追加と除去とに付随する損失を追加／除去デバイスの出力通路の各々で考慮しなければならないからである。除去又は追加動作の損失を小さくするために、ある従来技術のADMでは、波長マルチプレクサとデマルチプレクサとを用いて、光信号を追加／除去通路で、各々、更に組合せ又は分割している。例えば、波長デマルチプレクサは、複合光信号を受信して、個々のチャンネルの各々で多重分離し濾過している。しかし、波長マルチプレクサとデマルチプレクサには、システムの追加／除去機能に幾つかの制限がある。コスト的なことは別にしても、これらのデバイスのポートに制限があるので、チャンネルを更に挿入する又は除去する時のように、将来サービスの内容を更新する時に、マルチプレクサ又はデマルチプレクサを全て交換する必要が生じる。この方式は、従来の追加／除去サービスを中断するとともに、ハードウェアを新しいサービスの受け入れのために交換しなければならないことになる。更に、これらのデバイスの動作は、全体的な光信号が個々のチャンネルの各々の使用の有無にかかわらず多重化されたり多重分離されるので、コスト的に効果的でない。

【0005】そこで、従来技術のシステムには、設計又は施行方式を大幅に変更しないと追加／除去機能が拡張できないので限界がある。特に、追加／除去機能の拡張に付随する損失の増加を補償するために、集中型増幅器を再設計するか又は集中型増幅器を更に増加しなければならない。そのうえ、除去と追加の通路内の個々の構成要素を更なるチャンネルの追加／除去のために交換する時に、運用体制を中断しなければならない。全てのケースで、この再設計は、コストの上昇、複雑な設計、従来

の追加／除去機能の中断という結果になる。そこで、従来の運用体制を中断せずに、運用体制を更新するために拡張できる、無損失で特に波長選択性で光学的に追加／除去するシステムが必要になる。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】拡張自在で光学的に追加／除去するシステムは、本発明の原理に準じて、波長分割多重化光信号のように、多重波長信号に波長信号を選択的に追加したり除去するために、一体化増幅器と波長選択ファイバ通路と受動性の光結合器とを具備する、光学的に追加／除去するマルチプレクサを搭載する構成を用いて実現される。この構成を用いることにより、適切な増幅作用が、追加と除去と通過の通路における特定の損失を補償するために行われる。更に、増幅機能と波長選択性の追加／除去機能とを一体化することにより、今のサービスの内容を中断せずに、更なる追加／除去のサービスを支援する、拡張自在の構成が可能になる。

【0007】全体的に、本発明に準じる拡張自在の追加／除去システムは、2つの指向性光伝送素子間に結合された、適切な長さをもつ、希土類でドーピング処理した光ファイバを備えている。1つ又は複数のファイバ格子が、希土類でドーピング処理したファイバの長さ方向に沿って、又は希土類でドーピング処理したファイバのセグメント間に設けてあるので、少なくとも1つの格子が、追加又は除去される多重波長光信号の各々波長のために用いられる。受動性の光結合器が、必要におうじて、光信号を分割したり組み合わせたりするために、除去と追加の通路に用いられている。

【0008】本発明の図示する実施例では、拡張自在で追加／除去するシステムは、第1と第2の光サーキュレータ間に結合したエルビウムでドーピング処理した光ファイバから構成している。エルビウムでドーピング処理した光ファイバが少なくとも2つのセグメントに分割されるので、ブラッグ格子のようなファイバ格子をセグメントに沿って又はその間に設けて、帯域反射濾過機能を呈することができる。異なる波長の複数の光搬送要素をもつ波長分割多重化(WDM)信号のような、光信号が、第1の光サーキュレータに対する入力として与えられる。WDM信号は、第1の光サーキュレータを出ると、ブラッグ格子に達する前にエルビウムでドーピング処理した光ファイバ・セグメントの少なくとも1つによって増幅される。ブラッグ格子は、第1の光サーキュレータに向けて選択波長の光信号のサブセットを反射して戻すように、製作時に及び調整時でも適応される。これらの反射した信号は、受動性の光分割器と調整自在の光フィルタとを用いて除去される。ブラッグ格子で反射しなかった光信号は、受動性の光組合せ器と光伝送器とを介して追加される選択波長の他の光信号と共に伝送するために第2のサーキュレータに進む。エルビウムでドーピング処理したファイバ増幅器を適切な励起信号波長で



光学的に励起することにより、エルビウムでドーピング処理した光ファイバは、そこで発生する損失を補償する進行波増幅器として作用するので、ADMの各々出力において実質的に通路均一信号が保証される。本発明は、一体化増幅器の構成が、更なる追加／除去サービスの要求を受け入れるために、更なる受動性の光結合器を追加する結果として生じる更なる損失を効果的に補償するので、拡張自在といえる。

【0009】従って、本発明は、従来技術の光学的に追加／除去するマルチプレクサ構成の欠点を解決する、無損失で波長選択性の追加／除去機能を提供する。本発明は、類似の構成要素に類似の参照番号を付記した図面を参照しながら本発明の次の詳細な説明を読むと十分に理解できると思われる。

#### 【0010】

【実施例】本発明は、従来技術の追加／除去マルチプレクサ（ADM）の簡単な説明を読むと更に十分に理解できると思われる。ここで、図1は代表的な従来の追加／除去マルチプレクサの構成を示す。ファイバ格子101Aと101Bは、ADMの内側又は外側に設けた集中型増幅器110と共に光サーキュレータ105と106に関連して用いられる。ファイバ格子101Aと101Bは、サーキュレータ106を介して追加される光信号だけでなく、サーキュレータ105を介して除去する光信号を反射するように設定される。除去される複合光信号は、デマルチプレクサ115の出力において異なる波長の個々の光信号を呈するために、一体化フィルタを一般的に含んでいる、波長デマルチプレクサ115によって多重分離される。既に図示して説明したように、全体的に反射した複合光信号は、各々個々のチャンネルの使用の有無にかかわらず多重分離される。多重波長信号に対する光信号の追加は、光伝送器117を用いて、特定の波長を有する各々個々の光信号を生成して行われる。個々の光信号が波長マルチプレクサ116で組み合わせられ、複合信号は、反射しなかった多重波長光信号と共に伝送するために光サーキュレータ106の入力に送られる。前述のように、デマルチプレクサ115とマルチプレクサ116のポートに制限があるので、今のサービスの内容を中断せずに更なるチャンネルを追加又は除去する機能に限界がある。更に、増幅部の構造を変更して、追加／除去サービスの拡張に付随する損失の増加を補償しなければならない。集中型増幅器110を変更したり、更に集中型増幅器を追加すると、設計が更に紛らわしくなり、システム・コストが上昇し、今のサービスの内容も中断させるとともに、追加と除去と“通過”通路における挿入損失の全てを効果的に補償することができない。

【0011】図2を見ると、波長選択ADMの一体化部として希土類でドーピング処理したファイバ増幅器の構成を包含するとともに、本発明の原理に準じる、ADM

の典型的な実施例が図示してある。本発明に適した希土類でドーピング処理したファイバ増幅器において広く用いられているタイプの一例は、エルビウムでドーピング処理したファイバ増幅器（EDFA）である。そこで、EDFAの活用とそれに伴う長所は従来技術で周知のことなので、本発明ではEDFAの利用について説明する。しかし、他に適した希土類要素も、プラセオジウムやネオジウムなどのように用いることが可能と思われる。

【0012】概して、本発明の長所は、2つの指向性光転送素子間に波長選択ファイバ通路と増幅媒体とを巧みに一体化することによって実現する。図2に示すように、本発明は、エルビウムでドーピング処理したファイバ（EDF）240と241の少なくとも2つのセグメントから成るエルビウムでドーピング処理したファイバ増幅器（EDFA）と、少なくとも1つの波長選択要素230と、一対の指向性光転送素子210と220と、励起源260と結合器262と光学的励起分離器263とを具備する励起部とを搭載している。この例だけのことであるが、波長選択要素230は調整自在のファイバ・ブラッグ格子を具備し、指向性光転送素子210と220は光サーキュレータを備えている。しかし、他に適した波長選択要素と指向性光転送素子も従来技術で周知のことであり、それらを本発明で用いて、同じ結果を得ている。2つだけのEDFセグメントが図示する実施例で図示してあるが、当業者は、多重EDFセグメントも本発明の精神と範囲から逸脱せずに使用できることを次に示す考案から理解できるものと思われる。

【0013】光サーキュレータ210の入力ポート211は、各々が異なる波長をもつ、ある数のチャンネル（すなわち、光搬送要素）から成る波長分割多重化（WDM）信号のように、多重波長光信号を搬送する入力光ファイバ205に結合している。EDFセグメント240は光サーキュレータ210の出力ポート212に結合している。EDFセグメント241は光サーキュレータ220の入力ポート221に結合し、出力光ファイバ250は光サーキュレータ220の出力ポート222に結合している。光サーキュレータ210は、多重波長光信号から除去される選択光信号を搬送する光ファイバ214に結合した除去ポート213を搭載している。同様に、光サーキュレータ220は、多重波長光信号に追加される選択光信号を搬送する光ファイバ224に結合した追加ポート223を搭載している。

【0014】調整自在のファイバ・ブラッグ格子230がEDFセグメント240と241との間に設けてある。ファイバ・ブラッグ格子230の各々は、少なくとも1つのファイバ・ブラッグ格子230が追加又は除去される各々特定の波長に用いられるように調整される。他に述べるように、ファイバ・ブラッグ格子230は、追加又は除去される多重波長光信号において特定の波長を反射するように適応されている。ファイバ・ブラッグ



格子を使用する製作技術又は他の調整／プログラム設定技術を適応する方法は従来技術で周知のことである。これらのファイバ・ブラッグ格子230は、EDFセグメント240と241との間でファイバ通路に継ぎ合わされて、EDFセグメント240と241との間でファイバ通路に直接エッチングされるか、又は他の周知の方法で組み込まれることができる。波長選択要素としてのファイバ・ブラッグ格子の利用についての詳細は、例えば、Hubnerなどの、WDMネットワーク構成要素の構築ブロックとしての非反応性低損失平面導波管の強化ブラッグ格子、SPIE、Vol. 2998, No. 12, Photonics West 97, San Jose, CA, 1997を参照すること。

【0015】図2に示した追加／除去マルチプレクサ実施例のある変形では、エルビウムでドーピング処理したファイバ増幅器は、2つの連続するEDFセグメントを搭載する単一動作長のエルビウムでドーピング処理したファイバ(EDF)になる。この構成において、調整自在のファイバ・ブラッグ格子は、EDFの長さ方向に沿って組み込まれている、例えば、EDFに直接エッチングされている。

【0016】ここで図3を見ると、図2で既に説明し図示した基本的な追加／除去マルチプレクサを搭載する、拡張自在で光学的に追加／除去するシステムが図示してある。光ファイバ214に結合した受動性の光分割器260を用いて、反射光信号を1つの入力上で受信し、反射光信号を複数の出力ポートに分割している。受動性の光分割器260の特性と動作は当業者には周知のことである。概して、調整自在のファイバ格子230で反射した光信号は、受動性の光分割器260で多重通路に分割されるので、反射光信号λ<sub>1</sub>は受動性の光分割器260の各々出力ポートに送られる。そこで、受動性の光分割器260の各々出力ポートは反射光信号λ<sub>1</sub>の全てを含んでいる。調整自在の光フィルタ265が受動性の光分割器260に結合し、各々調整自在の光フィルタ265は特定の波長を有する個々の光信号の1つだけ通すように適応されている。調整自在の光フィルタ265の特性と動作も当業者には周知のことである。

【0017】本発明における光信号の追加は、光信号の除去について既に述べた方式に対して相補的に行われる。特に、光伝送器275が、多重波長信号に追加される特定の波長の光信号を生成するために用いられる。光伝送器275の出力は、1つの出力に対する複数の入力からの光信号を組み合わせる受動性の光組合せ器270に結合している。追加される個々の光信号の各々を含んでいる組み合わせられた光信号は、光サーキュレータ220の追加ポート223と光ファイバ224とを介して多重波長光信号に結合される。受動性の光組合せ器270と光伝送器275の特性と動作も当業者には周知のことである。

【0018】多重ブランチを有するツリー構成に受動性の光分割器260と受動性の光組合せ器270とを構成することにより、本発明は、更なる光信号が、将来の除去部266と将来の追加部271として図示する、将来のサービスの内容の更新に従って容易に除去できて追加できる、拡張自在の追加／除去システムを提供する。例えば、将来の除去部266は、適正な数の受動性の光分割器260と調整自在の光フィルタ265とを今の受動性の光分割器260の開放ブランチに単純に追加すると、このシステムで組み込むことができる。同様に、将来の追加部271は、適正な数の受動性の光分割器260と光伝送器275とを今の受動性の光分割器260の開放ブランチに単純に追加すると、このシステムで組み込むことができる。図4は、16波長システムのための将来の追加部271と将来の除去部266について考えられる構図を示しており、次に詳細に説明する。重要なことは、このシステムは、今のブランチがサービスの内容を更新している間に動作状態を十分に維持するので、今の追加／除去機能を中断することなく拡大できることである。更に、受動性の光分割器260と受動性の光組合せ器270は、大半の従来のシステムで見受けられる波長デマルチプレクサとマルチプレクサほど高価でない。この拡大自在の構成は、システムが、波長基準に対する将来の変更のように、標準指向性の変更でも実施できるという点でも優れている。例えば、光伝送網に用いる標準波長を将来変更する場合に、マルチプレクサとデマルチプレクサと他の固定デバイスも、それに伴って従来技術のシステムでは変更しなければならない。逆に、本発明では受動性の分割と組合せ機能を用いるので、必要な変更についてだけ、調整自在の光ファイバとファイバ格子を再調整すればよく、その両方も非破壊的に実施できる。

【0019】事例だけのことであるが、受動性の光分割器260は、連結受動性の1×N結合モジュールを用いて構成し、調整自在の光フィルタ265はファイバFabyer-Perotフィルタを用いて構成できる。しかし、多くの他の適切な受動性の分割器と調整自在の光フィルタは、周知の従来技術であり、本発明でも用いて同じ結果を得ている。図3に示す実施例は、結合モジュールあたり3dbの損失をもつ連結基準1×2受動性の結合モジュールを用いることに注目すべきであるが、この選定は、他の結合サイズもある規定に基づいて同様に実施できるので、図解だけを意図すると考えるべきである。同様に、受動性の光組合せ器270は、連結受動性のN×1結合モジュールを用いて構成できる、又は従来技術で周知の任意の他の適切な受動性の結合器からも構成できる。図3は、組合せ器として連結2×1受動性の結合モジュールを図示しているが、この選定も、他の結合サイズがある規定に基づいて同様に実施できるので、図解だけを意図していると考えるべきである。再び、図

3に示した連結2×1結合モジュールは、結合モジュールあたり3dbの損失をもつ標準モジュールである。

【0020】増幅効果を呈するために、EDFは、エルビウム・イオンが高い準安定エネルギー状態になるように“励起”されなければならない。高エネルギー状態のイオンの数は正規の基底状態のイオンの数より多いので、反転分布が生じてEDFが活性増幅媒体になる。本発明では、EDFは、図2と3に示すレーザ・ダイオード励起要素のような半導体レーザ励起アセンブリ、又は従来技術で周知の任意の他の適当な励起源である、励起源260で照らされている。励起光とも呼ばれる、励起源260が生成する発光エネルギーの波長は、多重波長光信号（すなわち信号光）の任意の波長より短く、応用事例に基づいて、EDFAでは一般的に980nm又は1480nmである。いちどエルビウム・イオンが高い準安定エネルギー状態に励起されると、それらは、自然発生ノイズを導く基底状態に自然に戻るか、又は更に、多重波長光信号からの任意の波長の入力信号光子によって励起されて、コヒーレント光子を放出する。入力信号の光子と同じ方向と位相と波長の光子である、コヒーレント光子が、利得を構成する。他に述べるように、励起状態の波長に対応する波長をもつ多重波長光信号からの入力信号の光子の通過に伴って、励起状態から基底状態に戻るようになるが、入力信号を増幅する励起放出を伴うことになる。

【0021】図2と3を再び見ると、前方動作の励起構成が図示してあり、励起光は、多重波長光信号からの信号光と同じ方向で励起源260で生成される。この前方動作の励起構成又は同一方向に伝送する動作の励起構成では、励起源260は、波長選択結合器262を介してEDFセグメント240と光サーキュレータ210の出力ポート212との間に結合されている。そのうえ、オプションの励起分離器263が、レーザを損ねる恐れがある後方散乱又は反射に起因する励起信号の戻りを防止するために、励起源260の出力に結合することができる。

【0022】前述の同一方向に伝送する励起構成にくわえて、当業者には周知の他の励起構成が、本発明の精神と範囲から逸脱せずに使用できる。例えば、後方動作の励起構成、又は逆方向に伝送する励起構成を用いると、励起源260を光サーキュレータ220の入力ポート221とEDFセグメント241との間に結合できる。この構成で、励起信号光は、多重波長光入力信号からの信号光と逆方向で励起源260生成できる。両方向の励起構成では、励起信号光は、多重波長光信号の信号光と一致する前方方向、及び多重波長光信号の信号光と逆方向で生成する。本発明のEDFは、光サーキュレータ220の追加ポート223からの励起信号光からも励起できる。この変形事例の場合、励起源260で生成した励起信号光の波長は、光サーキュレータ220の帯域幅に属

していなければならない。励起源260は、光サーキュレータ210の入力ポート211を介してADMの入力側にも結合できる。再び、励起信号の波長は、光サーキュレータ210の帯域幅に属していなければならない。更に別の変形事例では、励起信号は、受動性の光組合せ器270（図3）を介して追加される他の個々の光信号と組み合わせることができる。これらの変形事例の各々で、EDF増幅媒体が常に2つの光サーキュレータ210と220との間に位置することに注目すべきである。エルビウムでドーピング処理したファイバ増幅器についての詳細は、アオキに発行され、ここで引例によって包含されている、米国特許第5,218,608号の光ファイバ増幅器を参照すること。

【0023】再び図2を見ると、これから励起反射器ファイバ格子231と呼ぶ、更なるファイバ・ブラッグ格子231をファイバ通路内に設けると、励起源260が生成した励起パワーを更に十分に活用できることが分かる。特に、この励起反射器ファイバ格子231は、光サーキュレータ220の入力ポート221とEDFセグメント241との間に結合されると、励起源260からの励起信号を反射するように適応（例えば調整）される。この構成から、用いられない励起信号は、各々、EDFセグメント240と241とを介して反射され戻されるので、増幅率が改善されることになる。励起反射器ファイバ格子231は、前述の他の励起構成でも効果的に使用できる。

【0024】前述の実施例の別の変形では、管理チャンネル又は保守点検チャンネルあるいはその両方を、必要におうじて、多重波長光信号に追加又は除去できる。特に、更なるファイバ・ブラッグ格子（図示せず）をEDFセグメント240と241との間に挿入すると、管理チャンネル又は保守点検チャンネルあるいはその両方に対応する波長を反射できる。代わりに、EDFAスペクトルの外側に波長をもつ管理又は保守点検あるいはその両方のチャンネルに対して、更なるファイバ格子（図示せず）を、除去用にEDFセグメント240と光サーキュレータ210との間に又は追加用に光サーキュレータ220とEDFセグメント241との間に設けることができる。これらの追加用格子を用いると、管理又は保守点検あるいはその両方のチャンネルを光サーキュレータ210の除去ポート213を介して除去できるので、“通過”通路225、すなわち、光サーキュレータ210と220との間の通路を横断するチャンネルの不要な増幅作用を解消できる。同様に、管理又は保守点検あるいはその両方のチャンネルは、光波システムにおける次のネットワーク要素に対する伝送のために、光サーキュレータ220の追加ポート223を介して多重波長光信号に戻すことができる。

【0025】この独特のADM構成の最も重要な長所は、前述のように、図3と4に示した追加／除去システ

ムの動作の説明から理解できる。動作時に、 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の波長をもつ光信号を有する多重波長光信号（“入力信号”）は、入力光ファイバ205を介して伝送され、光サーキュレータ210の入力ポート211に進む。励起源260は、増幅状態で、EDFセグメント240と241とを搭載するEDFAを設定する励起信号を送る。光サーキュレータ210は、入力信号を出力ポート212に循環して送り、そこで入力信号はEDFセグメント240で増幅される。ファイバ・ブラッグ格子230は除去される特定の光信号を反射する。これらの除去される光信号は $\lambda_k$ と表される波長をもつ（ここで、 $\lambda_k = \{\lambda_1, \dots, \lambda_n\}$ 、 $1 \leq k \leq n$ ）、ここで $\lambda_k$ は入力信号の全波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ のサブセットである。増幅された入力信号がファイバ・ブラッグ格子230に達すると、除去される光信号 $\lambda_k$ がEDFセグメント240を介して反射され、光サーキュレータ210の出力ポート212に戻される。これらの反射した光信号は除去ポート213に循環して送られ、そこで、光ファイバ214を介して除去される。反射した光信号 $\lambda_k$ は、複数の出力ポートの各々で反射した光信号 $\lambda_k$ を送る受動性の光分割器260の入力になる。

【0026】図3に示すように、受動性の光分割器260は多重ブランチをもつツリーとして構成しているので、複数の出力ポートの一部が将来の除去部266のために使用できる。更に図示するように、 $\lambda_k$ に属する4つの波長信号だけ、この特定の事例ではシステムから実際に除去される。そこで、適切な数の受動性の光分割器260と調整自在の光フィルタ265が除去通路の内部に含まれている。調整自在の光フィルタ265の各々が、複合反射光信号 $\lambda_k$ を受信するが、特定の波長をもつ希望した光信号の1つだけ通すように設計されている。図4は、初期に50%の追加/除去のサービスである、典型的な16波長システムの事例を示す。特に、8つの波長が初期構成の部分として除去され、残りの8つの波長は、形成した将来の除去部266から、図示されるように、将来のサービス内容の更新の部分として除去できる。図4は1つの代表的な構成だけ示しており、他の種々のツリー構成も関連して使用できることに注目すべきである。そこで、本発明の拡張自在の特徴は、多くの異なるシステム・デザインに特に適している。

【0027】追加/除去サービスの拡張に関連する増幅について詳細に次に述べる。しかし、除去した光信号 $\lambda_k$ は、除去通路内で発生する任意の挿入損失を補償するために、EDFセグメント240を介して戻りトリップによって十分に増幅されることに注目すべきである。そこで、任意の除去した光信号の利得は、 $2 \times L_1$ から決まる。ここで、 $L_1$ は、除去した光信号がEDFセグメント240を2回通過するので、EDFセグメント240の長さになる。

【0028】ファイバ・ブラッグ格子230で反射しな

かった光信号は“通過通路”225を経由してEDFセグメント241に進み、そこで再び増幅される。このように、“通過”トラヒックの利得は、“通過”信号が各々EDFセグメントを1回通るので、 $L_1 + L_2$ から決まる。これらの“通過”信号は、次に、入力ポート221を介して光サーキュレータ220に入力される。

【0029】追加される光信号は、光伝送器275のような適切な光学的要素によって挿入され、各々個々の光信号が特定の波長を有して追加される。光伝送器275の出力は受動性の光組合せ器270の入力になり、そこで、その複数の入力ポートの各々からの信号の全てが1つの出力ポートに組み合わせられる。図3に示すように、受動性の光組合せ器270はツリーとして構成するので、複数の入力ポートの一部が将来の追加部271のために使用できる。更に図示するように、4つの波長信号だけ、この特定の事例では多重波長信号に実際に追加される。従って、適切な数の受動性の光組合せ器270と光伝送器275が追加通路内に含まれている。最上部の受動性の光組合せ器270からの組み合わせられた光信号は、多重波長信号に追加される光信号のために個々の波長信号の各々を含んでいる。これらの追加される光信号は、出力ポート223を介して光サーキュレータ220に入り、循環されて入力ポート221から出てゆく。これらの光信号は、次に、EDFセグメント241を通り、そこで増幅される。ファイバ・ブラッグ格子230は、追加される光信号を反射して、EDFセグメント241を介して、光サーキュレータ220の入力ポート221に戻す。光サーキュレータ220は、“通過”光信号を被追加光信号と共に、出力光ファイバ250の出力ポート222に出力する。“被追加”光信号の利得は、 $2 \times L_2$ から決まる。ここで、 $L_2$ は、被追加光信号がEDFセグメント241を2回通過するので、EDFセグメント241の長さになる。最初に50%の追加/除去機能を行う16波長システムの事例を示す図4を再び見ると、8つの波長が初期構成の部分として追加され、残りの8つの波長は形成した将来の追加部271で図示されるように、将来のサービス内容更新の部分として追加できる。他の構成も、除去に関連して既に述べたようにして構成できる。

【0030】前述の説明から明らかのように、EDFセグメント240と241の長さ $L_1$ と $L_2$ は、各々、除去と追加と“通過”の通路内で生じる任意の挿入損失を補償するようにサイズが設定できる。特に、長さ $L_1$ を有するEDFセグメント240は除去通路と“通過”通路とで生じる挿入損失に対して利得を呈するが、長さ $L_2$ を有するEDFセグメント241は追加通路と“通過”通路とで生じる挿入損失に対して利得を呈する。更に、本発明は、通路の各々の損失補償に必要な利得量は、EDFセグメント240と241に適した長さ $L_1$ と $L_2$ を選択するとともに励起信号に適したパワー・レ

ベルを選択すると調整できるので、特別に製作することもできる。従って、拡張自在の追加／除去システムは、今のサービスが将来のサービス内容の更新に起因して中断しないように設計できる。一例として図4を用いると、 $L_1$ と $L_2$ は、十分な損失補償が除去と追加の通路で分割し組み合わせる信号の最大量に対して与えられるように、最初に大きさが設定できる。更なる光信号が将来のサービス内容更新の部分として除去又は追加される或いはその両方が実施される必要があるので、励起パワーだけ任意の更なる損失を考慮するために調整しなければならない。従って、通路は、従来のシステムのケースのように、デバイスを交換するために切断されることがないので、今の追加／除去サービスは中断されない。更に、本発明の一体化増幅方式は、コストや設計の紛らわしさや増幅効率からみても、一体化光増幅器に付随する問題を解消できる。

【0031】例えば、大都市のエリア・リングのような短い光学的ネットワークの現実的な設計構成では、長さ $L_1$ と $L_2$ 及び励起パワーは、次に示す項目のなかで高いものに付随する損失を補償するように選択できる。

(1) 短い通路に対して、ネットワーク・ノード間の伝送ファイバで生じる損失を含む、“通過”通路の損失。これらの損失は、短い光学的ネットワークの場合、一般的に5db～12dbの範囲にある。

(2) 除去する光信号に付随する損失。光受信器の感度と信号の分割に用いる技術は、これらの損失を決定する際にも考慮しなければならない。受動性分割方式を用いる場合、例えば、3dbの結合器では、16波長のシステムの損失は約12db～15db（例えば、信号分割部分ごとに3dbの損失）になる。

(3) 追加する光信号に付随する損失。局所的な追加チャンネルに用いる光伝送器のパワーと信号の組合せに用いる技術は、これらの損失を決定する際にも考慮しなければならない。再び、受動性組合せ方式を用いる場合、例えば、3dbの結合器では、16波長のシステムの損失は約12db～15db（例えば、信号の組み合わせごとに3dbの損失）になる。

【0032】従って、本発明の独特な設計、すなわち、波長選択ファイバ格子と一体化して区分けされたEDFAは、処理中の光信号に任意の損失を与えない追加／除去システムを呈する。特に、本発明は、多重波長光信号における波長の追加と除去と“急送”（すなわち、通過）に一般的に付随する全損失を補償するように設計できる。実際に、本発明は、前述のように、励起パワーを変更するか、又はEDFセグメントの適切な数と長さとを選択するか、あるいはその両方を実施すると、特定の応用事例に相応して特別に製作できるので構成自在である。この機能を用いると、本発明は、追加／除去システムが位置する物理的プラントの外側でファイバ通路に沿って生じる損失を補償するために、多重波長光信号に純

粋の利得を呈するように設計することもできる。この拡張自在の追加／除去システムの活用は、ファイバ損失が長距離ネットワークで見受けられるものより全体的に小さい、大都市のエリア・リングのように、短い及び中間的な光学的ネットワークの応用事例にとって特に効果的である。

【0033】本発明のEDFA構成は、多重EDFセグメントが用いられている場合でも、単一段の増幅器として機能する。特に、多重セグメントが単一増幅器として励起され、1つのセグメントが直接励起されるが、他のセグメントは1つのセグメントを介する余分な励起パワーによって励起される。従って、本発明は、ADMの追加と除去と通過の通路で光信号を増幅するために、励起源と波長選択要素と光転送素子と共に、単一利得要素を用いている。更に、EDFAの増幅機能とファイバ格子を介する波長選択性の追加／除去機能とを一体化することによって、拡張自在で、総合的な波長選択性で、無損失の追加／除去機能が、不要な設計的な紛らわしを加えずに、低コストで与えられる。

【0034】本発明は、大都市エリア・ネットワーク(MANs)のための緻密な波長分割多重方式(DWDM)光学的リング構造において効果的に使用することができる。本発明の拡張自在の追加／除去システムはMANリングの応用事例に特に適している。なぜならば、MANは伝搬信号の混合体を受ける狭い地理学的領域内において高濃度の追加／除去のための施設を具備することを一般的に特長にしているからである。更に、MANの動的な性格として、緻密に形成したMANの内部の他のユーザに対する今のサービスを中断せずに、更なる追加／除去を実施するために、全体的な柔軟性が要求される。例えば、一般的なMANのローカル・ノードでは、ループ・トラヒックの全てをサービス・ノードに搬送する。そのうえ、低容量の配送リングがローカル・ノードの中核リングに全体的に多重化されている。これらの低容量の配送リングは、共にルーセント・テクノロジー社製であるSLC<sup>®</sup>-2000アクセス・システム又はDDM-2000ファイバリーチ・マルチプレクサのような、契約者宅内装置435によって一般的に操作される、多くの契約者宅内ノードにおいてトラヒックを増減するために用いられる。配送リングは、一般的にOC-3(155Mbps)又はOC-12(622Mbps)リングである。従って、当業者は、本発明は選択性で拡張自在の追加／除去機能のためにMANのローカル・ノードにおいて特に有用であることを認めるものと思われる。MANアプリケーションについて特にここで述べてきたが、本発明の原理に準じる拡張自在で光学的に追加／除去するシステムを効果的に運用できる多くの他の光学的ネットワーク・アプリケーションも可能である。

【0035】

【発明の効果】 前述の特定の実施例は本発明の原理を図示するだけであり、種々の変更が本発明の精神と範囲から逸脱せずに当業者によって実施できることが分かる。従って、本発明の範囲は、特許請求の範囲だけによって制限される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 代表的な従来技術の追加／除去マルチプレクサの構成を示す図である。

【図 2】 本発明に用いる無損失で光学的に追加／除去するマルチプレクサの構成を示す図である。

【図 3】 本発明の原理に準じて図 2 の構成を用いる拡張自在で光学的に追加／除去するシステムを示す図であ \*

る。

【図 4】 一般的な 16 波長システムのための拡張自在の追加／除去構成を示す図である。

【符号の説明】

210、220 指向性光伝送器

211 入力ポート

212 出力ポート

230 波長選択要素

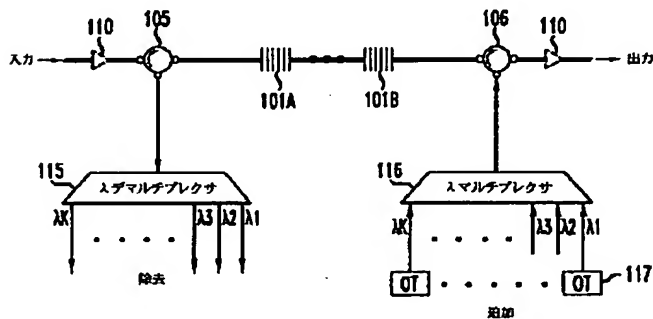
240、241 エルビウムでドーピング処理したファイバ

10 イバ

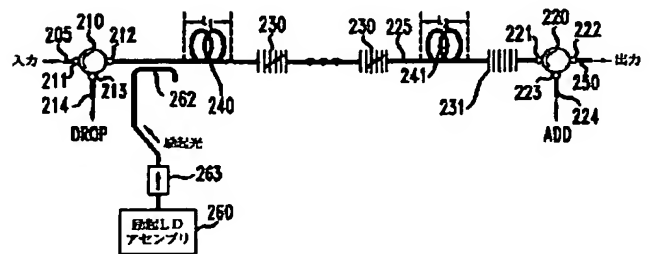
260 励起源

262 結合器

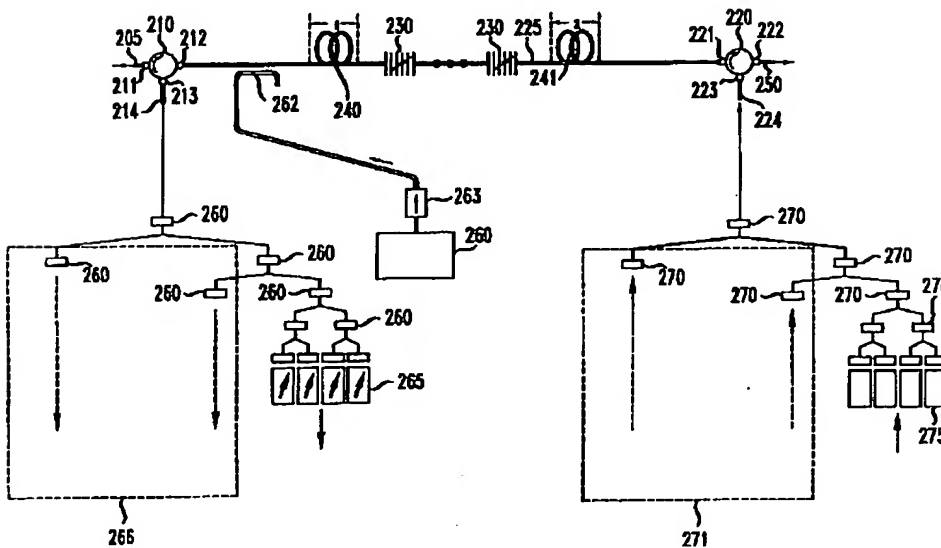
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

